



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

**NÁVRH KONCOVÉHO EFEKTORU PRO UCHOPENÍ
HLINÍKOVÝCH ODLITKŮ**

DESIGN OF A ROBOTIC EQUIPMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jiří Šváček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Tomáš Kubela

BRNO 2018

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Jiří Šváček**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **Ing. Tomáš Kubela**
Akademický rok: 2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Návrh koncového efektoru pro uchopení hliníkových odlitků

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce bude zaměřena na návrh koncového efektoru průmyslového robotu pro přesné uchopení hliníkových odlitků.

Cíle bakalářské práce:

Analýza aktuálních možností pro uchopování objektů průmyslovým robotem.
Návrh koncového efektoru pro přesné uchopení hliníkového odlitku.

Seznam doporučené literatury:

- SICILIANO, B., KHATIB, O. Springer Handbook of Robotics. Springer-Verlag New York, Inc., 2008. 1611 s. ISBN 978-3-540-23957-4.
- PIRES, J. N. Industrial Robots Programming: Building Applications for the Factories of the Future. Springer, 2008. 282 s. ISBN 978-0-387-23325-3.
- NOF, S. Y. Springer Handbook of Automation. Springer, 2009. 1812 s. ISBN 978-3-540-78830-0.
- MONKMAN, G. J., HESSE, S., STEINMANN, R. SCHUNK, H. Robot Grippers. Wiley-VCH Verlag, 2007. 463 s. ISBN 978-3527406197.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato práce řeší konstrukční návrh koncového efektoru pro uchopení hliníkových odlitků. Práce obsahuje návrh efektoru s vnitřním úchopem pomocí paralelogramu, výpočet uchopovací síly efektoru a volbu pneumatických prvků. Výsledkem je efektor s vyšším zdvihem čelistí oproti kupovaným variantám.

ABSTRACT

The thesis deals with design of the end-effector for the gripping an aluminous casting. Thesis includes design of the end-effector with inside grip using parallelogram mechanisms. The thesis also includes calculation of gripping forces and choice of pneumatic parts. The final result is the end-effector with higher stroke of jaws against to off-the-shelf products.

KLÍČOVÁ SLOVA

Koncový efektor, vnitřní úchop dílů, robot

KEYWORDS

End-effector, inside part gripping, robot

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠVÁČEK, J. *Návrh koncového efektoru pro uchopení hliníkových odlitků*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 39 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Tomáš Kubela.

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu Ing. Tomáši Kubelovi za jeho čas, cenné rady a připomínky při vypracování této bakalářské práce.

ČESTNÉ PROHLÁŠ ENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením pana Ing. Tomáše Kubely a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 25. května 2018

.....

Šváček Jiří

OBSAH

1	ÚVOD.....	15
2	MOTIVACE	16
3	ANALÝZA MOŽNOSTÍ UCHOPOVÁNÍ.....	17
3.1	Mechanické efekty.....	17
3.1.1	Dvoučelist'ové paralelní chapadlo	17
3.1.2	Dvoučelist'ové pákové chapadlo.....	18
3.1.3	Tříčelist'ové centrické chapadlo	18
3.2	Podtlakové efekty	19
3.3	Magnetické efekty	19
3.3.1	S permanentními magnety	19
3.3.2	Elektromagnetický.....	20
3.4	Adhezivní efekty	20
4	KONSTRUKČNÍ NÁVRH.....	21
4.1	Varianta A.....	21
4.2	Varianta B	22
4.3	Porovnání návrhů	22
5	ZPRACOVÁNÍ VARIANTY B	23
5.1	Základní popis efektoru	23
5.2	Statické uvolnění mechanismu	26
5.3	Volba pneumatických prvků.....	29
5.3.1	Návrh pneumatické uchopovací jednotky	29
5.3.2	Návrh středící jednotky	30
5.3.3	Volba ventilů	31
5.3.4	Čidla válců.....	31
5.3.5	Schéma pneumatického okruhu.....	32
5.4	Použití navrženého efektoru	32
6	ZÁVĚR.....	33
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	35
8	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK.....	37
8.1	Seznam obrázků.....	37
8.2	Seznam tabulek.....	37
9	SEZNAM PŘÍLOH.....	39

1 ÚVOD

S narůstajícím počtem robotů do více částí průmyslu, je potřeba, aby byl robot dobře naprogramován, ale taky disponoval odpovídajícím vybavením pro zadaný úkol. Mezi jeho hlavní prvky patří také koncový efektor. Prostřednictvím koncového efektoru může robot vykonávat různé úlohy (uchopování, lakování, obrábění, kontrolu rozměrů) a je tedy nedílnou součástí robotu.

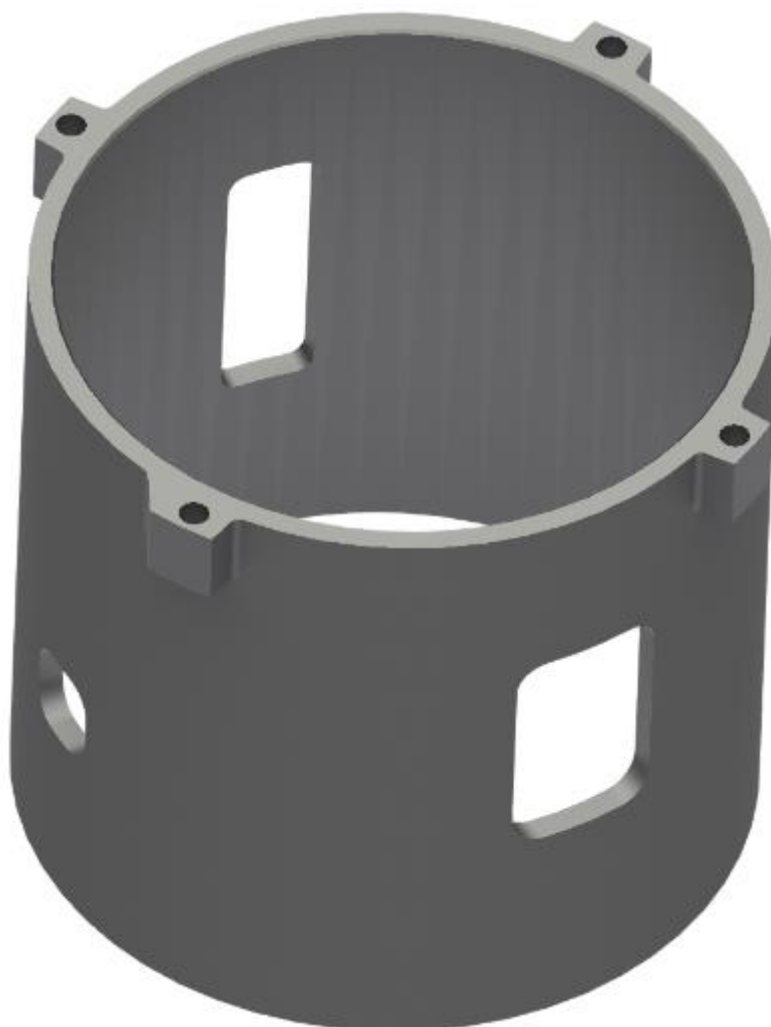
V dnešní době je mnoho firem zabývajících se konstrukcí koncových efektorů a je možné je nakoupit již hotové. Hlavním účelem této práce je vlastní konstrukční návrh uchopovacího koncového efektoru pro zadanou úlohu.

2 MOTIVACE

Je potřeba navrhnout koncový efektor, který by uchopoval hliníkový odlitek dutého válcového tvaru za vnitřní průměr. Způsob uchopení musí umožňovat přístup k součásti ze tří stran. S uchopeným objektem robot následně manipuluje okolo stacionárně umístěné odjehlovací frézy. Uchopovaným odlitkem je hliníková válcová skořepina (obr. 1) s základními rozměry (tab. 1). Pro správné uchopení musí být zajištěno několik podmínek. První podmínkou je přesné uchopení. Jsou využity dva otvory na horní čelní ploše dílu, do kterých budou zajíždět hroty, které součást vycentrují. Dále je nutno zajistit, aby byl úchop pouze z vnitřní strany válce. Efektor dále nesmí zasahovat do otvorů na boku pláště popřípadě dotýkat se čelních ploch (mimo dočasného vystředění).

Tab. 1: Základní parametry dílu

Výška:	207 mm
Vnitřní průměr:	210 mm
Váha:	2,94 kg
Materiál:	Dural













Obr. 1: Uchopovaný díl

3 ANALÝZA MOŽNOSTÍ UCHOPOVÁNÍ

Základní rozdělení dle typu upnutí viz tab. 2.

Tab. 2: Typy manipulačních efektorů rozdělené dle typu upnutí (upraveno) [1]

mechanické efektory		podtlakové efektory	magnetické efektory	adhezní efektory	mold efektory	jehlové efektory
nůžkový	pákový		elektromagnetický			
						
paralelní	tříčelistový		permanentní magnet			
						

3.1 Mechanické efektory

Tento typ je nejvíce rozšířený mezi manipulačními efekty. Musí u něj být zajištěno přenesení pohybu z pohonu na jednotlivé čelisti efektoru (rotační pohon na lineární pohyby čelisti). Přenos je nejčastěji zajištěn pomocí pákového mechanismu nebo ozubených kol [1]. Jako zdroj energie je ve velké míře používán stlačený vzduch. Dále se používá elektrická energie. Ve speciálních případech je využito tlakového hydraulického oleje, kdy je potřeba vyvolání velké uchopovací síly.

3.1.1 Dvoučelist'ové paralelní chapadlo

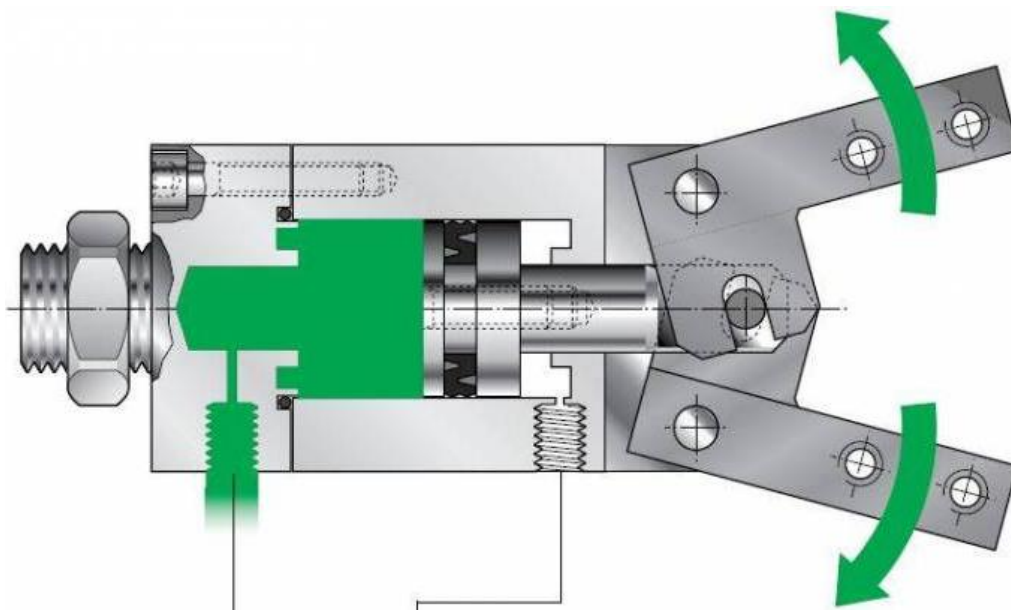
Čelisti jsou v celém svém zdvihu na sebe rovnoběžné. Aby bylo zajištěno rovnoměrného pohybu čelistí, je využito ozubených hřebenových tyčí s pastorkem mezi nimi (obr. 2). Je zde použit většinou přímočarý pneumatický motor. Nespornou výhodou je, že síla je v celém svém zdvihu stejná a nedochází k bodovému styku mezi čelistmi a součásti.



Obr. 2: Paralelní chapadlo (upraveno) [2]

3.1.2 Dvoučelist'ové pákové chapadlo

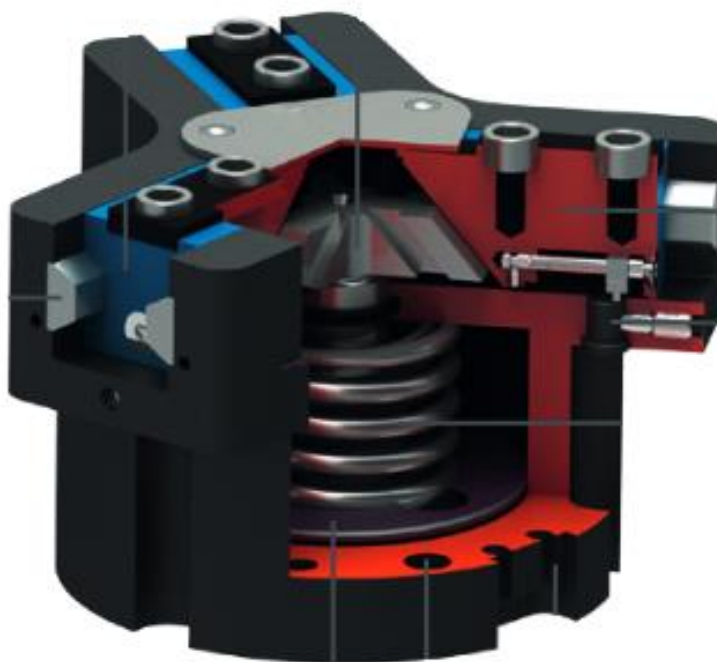
U toho chapadla čelisti konají kyvný pohyb (obr. 3). Díky této jednoduché konstrukci jsou relativně levné a také dosahují velkých zdvihů čelistí i pro menší chapadla, ale v některých případech může dojít k bodovému styku součásti a čelisti [1].



Obr. 3: Pákové chapadlo (upraveno) [3]

3.1.3 Tříčelist'ové centrické chapadlo

Díky jedné čelisti navíc oproti dvoučelist'ovému paralelnímu chapadlu, viz obr. 4, je dosaženo větší uchopovací síly. S tím souvisí i vyšší stabilita uchopovaného objektu. Nejčastěji se toto chapadlo používá pro cylindrické součásti. Je také výhodou, že díky mechanickému svázání čelistí dochází k vycentrování uchopovaného dílu.



Obr. 4: Tříčelist'ové chapadlo (upraveno) [4]

3.2 Podtlakové efekторы

Přísavka, viz obr. 5, dosedne na plochu dílu. Pomocí ejektoru nebo vývěvy dojde k vytvoření podtlaku uvnitř přísavky. Tím součást přilne k přísavce a poté může dojít k manipulaci s břemenem. Používají se na rozměrné plechy, popřípadě díly deskového tvaru.



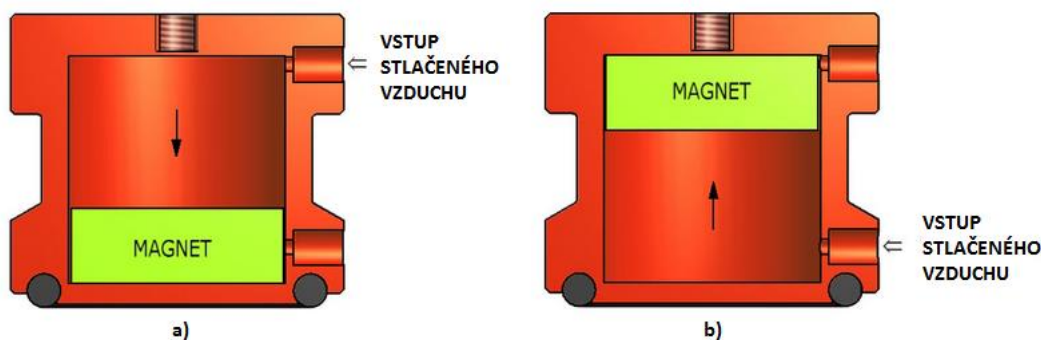
Obr. 5: Vakuová přísavka se šroubením [5]

3.3 Magnetické efekторы

3.3.1 S permanentními magnety

Většinou se používají pro ocelové díly s menšími rozměry a hmotností. Jedná se především o plechové výlisky, kroužky, podložky apod. Výhoda těchto efektorů spočívá v jednoduché konstrukci. Většinou jsou složeny ze vsazených permanentních magnetů. Počet závisí na rozměru součásti, úchopné síle a rozmístění. Uvolněním dochází především tak, že se vyvine boční pohyb, kdy díl je na místě (opře se) a efektor pokračuje dále v pohybu [6].

Zajímavým řešením je efektor s permanentním magnetem, který je uvnitř válce a funguje jako pneumatický píst (obr. 6), kdy pokud je puštěn tlakový vzduch pod magnet, zvedne se, a dojde ke vzniku mezery mezi magnetem a spodní deskou. Tím dojde k zeslábnutí magnetického pole na spodní desce a břemeno je uvolněno.



Obr. 6: Griper s permanentním magnetem ovládaný pneumaticky, a) poloha magnetu při uchopení, b) poloha magnetu při uvolnění součásti (upraveno) [7]

3.3.2 Elektromagnetický

U tohoto typu je využíváno elektromagnetů (obr. 7). Jsou napájeny především stejnosměrným proudem. Princip je podobný jako u hlavice s permanentními magnety, ale při uvolňování předmětu se pouze vypne přívod proudu. Může se stát, že díl zůstane zmagnetizovaný i po přerušení přívodu elektrické energie. Toto se řeší krátkým opačným impulsem proudu [6].



Obr. 7: Elektromagnetický efektor s robotem a břemenem [8]

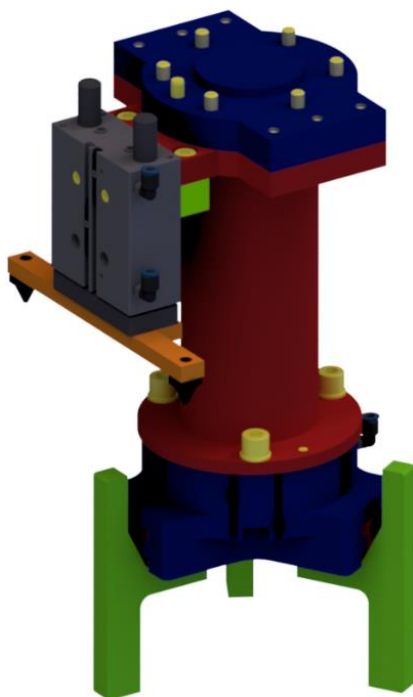
3.4 Adhezivní efekторы

Byly vyvinuty pro uchopování malých čipů na desku plošných spojů. Je zde využito povrchového napětí kapaliny, kdy přesně odměřené množství kapaliny je dodáno na stykovou plochu efektoru. Nejtěžší částí je uvolnění součásti. Aby byla součást v pořádku umístěna, musí se přesně polohovat do koncové pozice. Zde je potom vyvinuta opačná síla, která překoná sílu od povrchového napětí [1].

4 KONSTRUKČNÍ NÁVRH

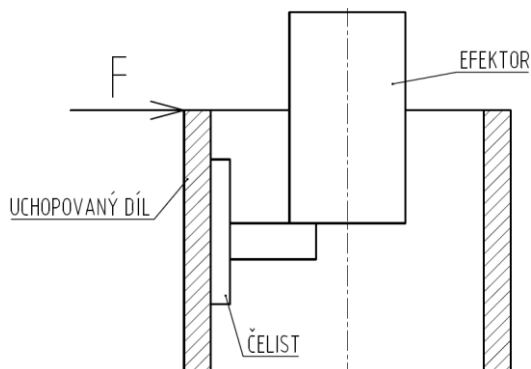
4.1 Varianta A

První varianta je tvořená pomocnou konstrukcí a kupovaným tříčelistovým centrickým chapadlem (obr. 8). Pomocná konstrukce je tvořená nosnou trubkou. Na koncích trubky jsou přivařené příruby. Jedna příruba je určena k připojení k robotu, kdy má připojovací rozměry splňující normu ISO 9409-1-100-6-M8 a druhá příruba slouží pro připojení chapadla. Materiál konstrukce je tvořen hliníkovou slitinou s ohledem na celkovou hmotnost efektoru. Dále sestava obsahuje centrovací jednotku, která je složena z pneumatického lineárního pohonu s vodícími tyčemi a deskou s hroty.



Obr. 8: Varianta A

Tříbodové chapadlo vyrábí společnost Zimmer Group s typovým označením GPD5013N-00-A. Z důvodu omezené pevnosti drážek proti působení boční síly (obr. 9), má toto chapadlo nevýhodu oproti variantě B.



Obr. 9: Působení boční síly na čelist

4.2 Varianta B

Tato varianta je tvořena převážně vyráběnými díly. Na obr. 10 je patrné, že se skládá z nosné trubky, která má na jednom konci přírubu pro připojení k robotu. Uvnitř trubky je umístěn pneumatický lineární motor pro pohon zdvihu chapadla. Dále po obvodu trubky jsou napojené tři čelisti, které se sklápí a tím dochází k vyvolání zdvihu. Většina vyráběných součástí je vyrobena z hliníkové slitiny. Vodící jednotka je zde stejná jako u předchozí varianty.



Obr. 10: Varianta B

4.3 Porovnání návrhů

Efektory lze porovnávat dle různých parametrů (zdvih, váha, síla úchopu atd.) z důvodu většího zdvihu u varianty B, také omezenou boční silou čelistí varianty A je proto rozhodnuto, že za finální konstrukční návrh se zpracuje varianta B.

5 ZPRACOVÁNÍ VARIANTY B

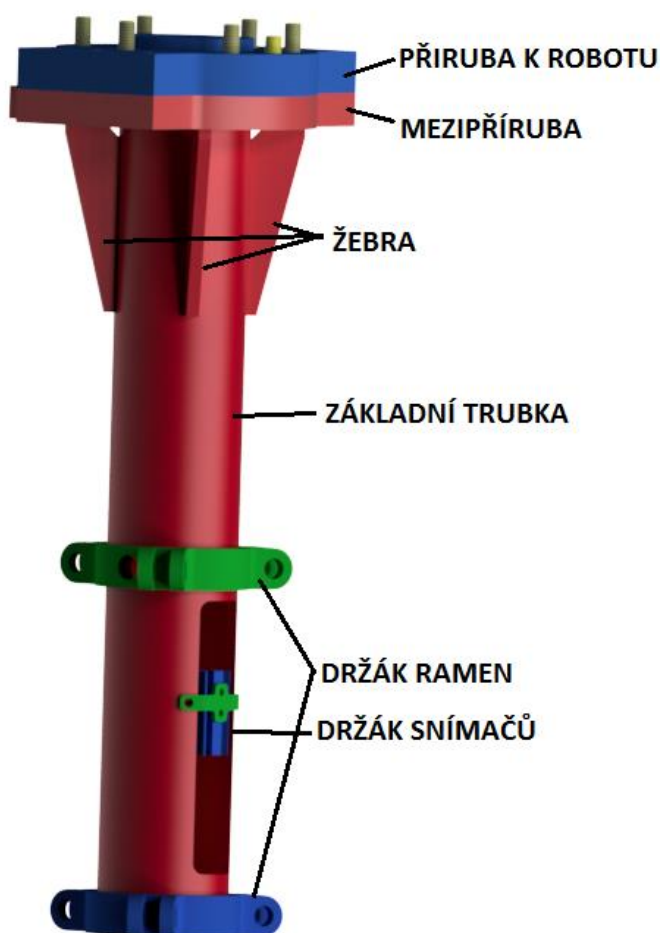
5.1 Základní popis efektoru

Efektor se skládá se ze tří hlavních částí. První částí je základní rám, který je tvořen jedním svařencem a třemi díly (obr. 11).

Svařenec se skládá z nosné trubky o vnějším průměru 63 mm, tloušťky stěny 5 mm a délce 385 mm. Na hlavní trubce jsou přivařeny držáky ramen, které slouží jako opěry pro pákový mechanismus. Na konci trubky je přivařená příruba. Mezi přírubou a trubkou jsou navařené čtyři žebra pro zlepšení mechanických vlastností. Z důvodu lepšího přístupu k montáži efektoru k přírubě robotu slouží tato příruba jen jako mezičlánek.

Na přírubě je přišroubována ještě koncová příruba pro připojení k robotu, která má připojovací rozměry dle normy ISO 9409-1-100-6-M8. Příruby mezi sebou jsou spojeny 6 ks šroubů M8×25 a poloha je zajištěna pomocí 2 ks kolíků o průměru 8 mm.

Jako poslední díl je přišroubovaný držák snímačů polohy hlavního válce k nosnému plechu. Pomocí plechu je držák přišroubován k hlavní trubce.



Obr. 11: Základní rám efektoru

Další část tvoří paralelogram, který je zde 3x umístěn po obvodu základní trubky v odstupu po 120° z důvodu zajištění vystředění uchopované součásti. Každá čelist je složena ze čtyř hlavních částí (obr. 12).

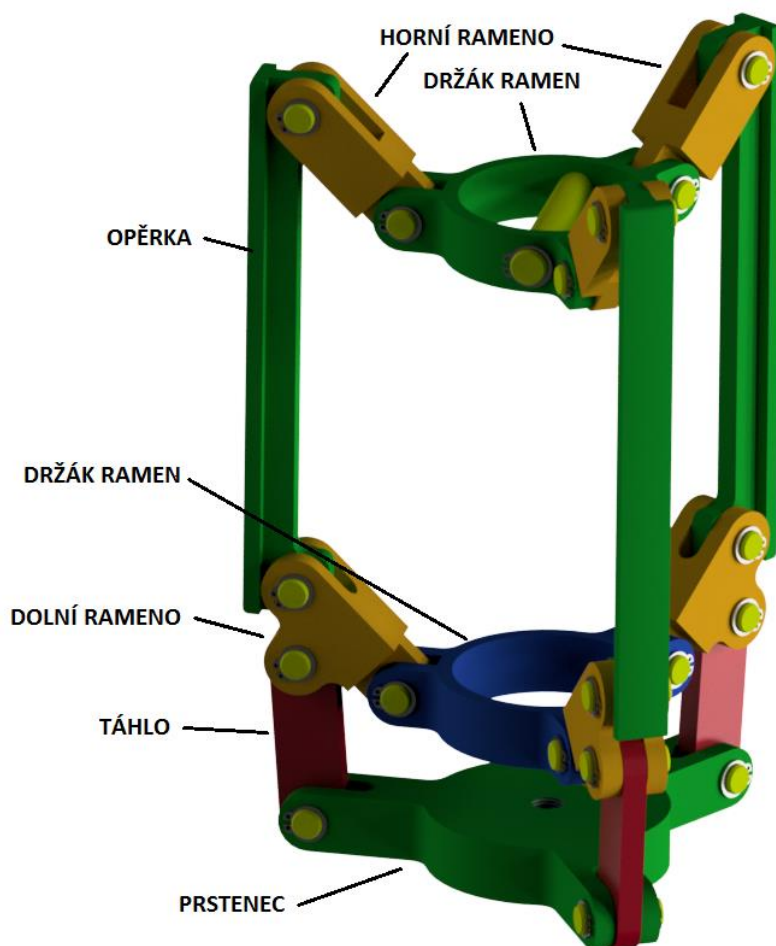
Nosným prvkem jsou zde držáky ramen, které přenášejí síly do rámu efektoru. K hornímu držáku je pomocí čepů průměr 10 mm připevněno horní rameno.

Horní rameno slouží pouze pro přenášení sil a vedení opěrky, ke kterému je jeho druhý konec připevněn.

Opěrka doléhá na stěnu uchopovaného dílu. Dosedací plocha je upravená, má stejný poloměr zakřivení jako vnitřek odlitku.

Dolní rameno má stejné upevnění na koncích jako horní rameno, ale navíc přenáší sílu z táhla do paralelogramu.

Táhlo slouží k přenesení síly z prstence na dolní rameno. Prstenec je připojen k pístnici od hlavního přímočarého pneumatického motoru. Má za úkol rozdělit sílu do jednotlivých táhel.



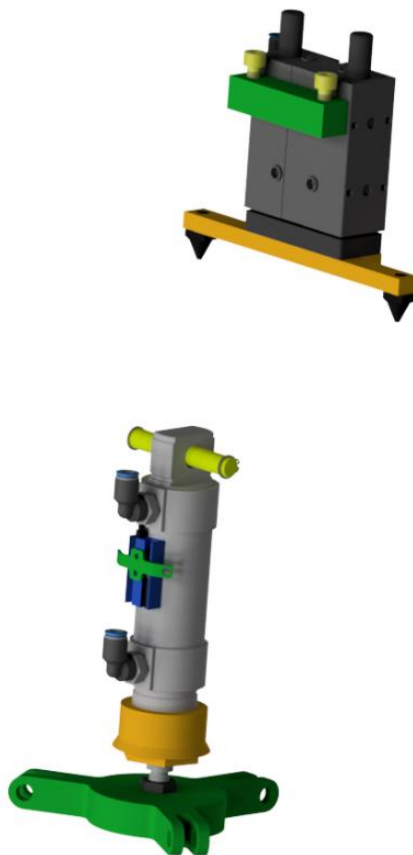
Obr. 12: Paralelogram

Poslední část je tvořena pneumatickými prvky. Je zde vodící jednotka, která slouží pro vycentrování dílu. Pro tento účel je zde deska osazená dvěma ocelovými hroty. Pomocí šroubů je jednotka připevněná k hranolu (obr. 13).

Hranol slouží pouze pro lepší přišroubování k mezipřírubě, jinak žádnou jinou funkci nemá.

Pro pohyb čelistí a vyvození uchopovací síly je voleno pneumatického lineárního motoru.

Oba pneumatické prvky budou vybaveny snímači polohy. Pro řízení směru pístnic obou předchozích prvků bude na robotu upevněn pneumatický rozvaděč.

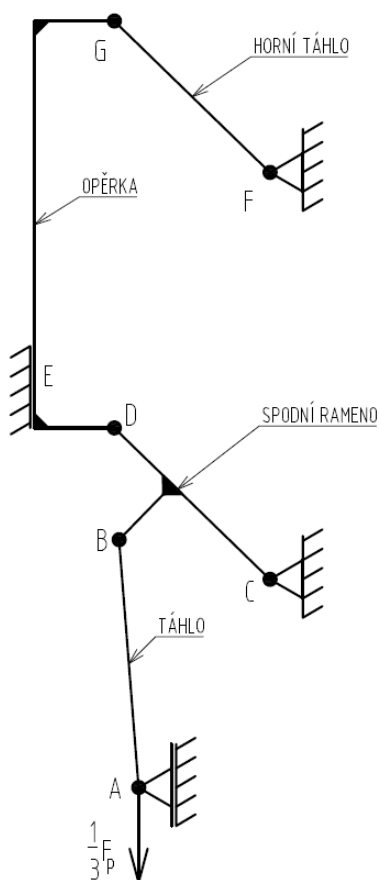


Obr. 13: Ukázka pneumatických prvků

V uzavřené pozici je vnější průměr chapadla 176 mm, v otevřené pozici 227 mm, Celkový zdvih čelistí chapadla je tedy 51 mm,

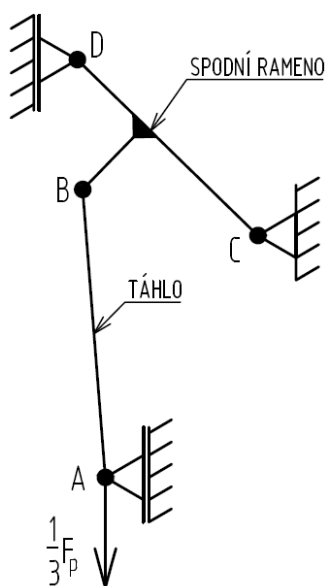
5.2 Statické uvolnění mechanismu

Z důvodu, že uchopení dílu funguje na silovém styku, je potřeba vypočítat sílu, kterou efektor uchopí díl. Pro zjednodušení nebude uvažováno pasivních účinků a je uvolněna pouze jedna čelist, viz obr 14.



Obr. 14: Celkové schéma mechanismu

Protože je potřeba vypočítat normálovou sílu na stěně dílu (obr. 15, vazba D), ale nepotřebujeme vědět síly ve vazbách, využijeme zjednodušeného schématu.



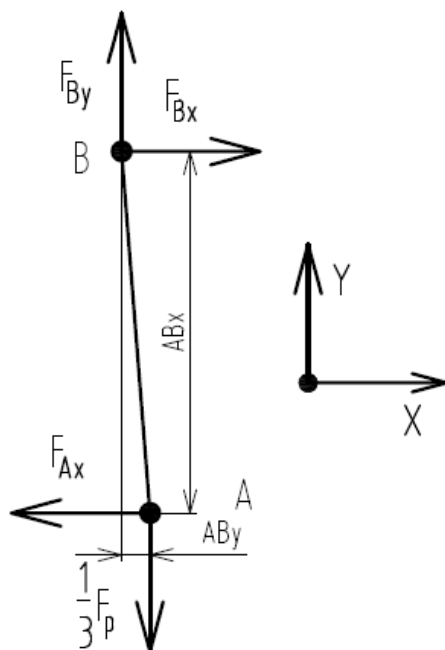
Obr. 15: Zjednodušené schéma mechanismu

Aby bylo možné použít rovnice statické rovnováhy, je potřeba zkontrolovat statickou určitost uložení.

$$i = 3(n - 1) - 3v - 2r - p = 3(3 - 1) - 3 \cdot 0 - 2 \cdot 2 - 2 = 0 \quad (1)$$

Kde: i —počet stupňů volnosti tělesa [—]
 n —počet součástí i s rámem [—]
 v —počet vetknutých podpor [—]
 r —počet rotačních podpor [—]
 p —počet posuvných podpor [—]

Z rovnice (1) vyplývá, že konstrukce je staticky určitá. Nyní jsou uvolněny jednotlivé prvky. Nejprve je uvolněno táhlo (obr. 16), následně jsou vypsány rovnice statické rovnováhy (2-4).



Obr. 16: Uvolnění táhla

Rovnice statické rovnováhy táhla:

$$\sum F_x : F_{Bx} - F_{Ax} = 0 \quad (2)$$

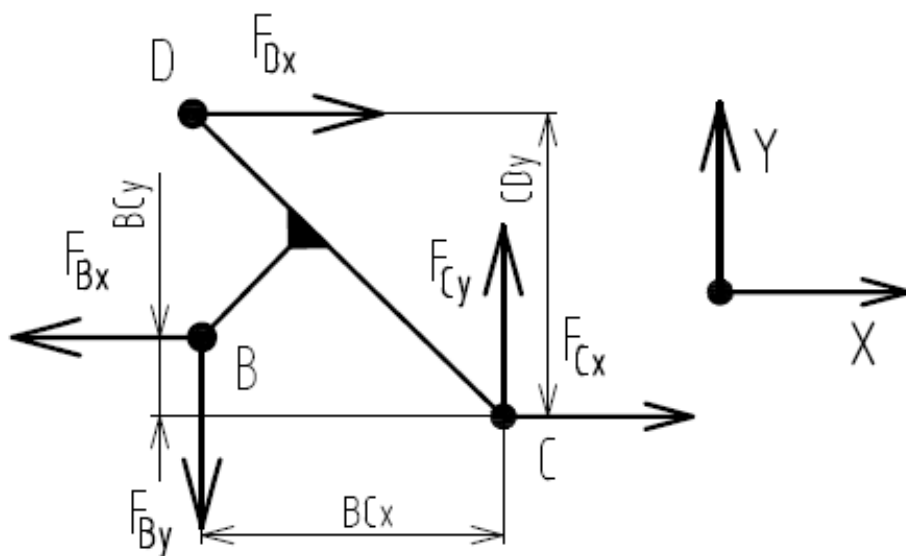
$$\sum F_y : F_{By} - \frac{1}{3}F_p = 0 \quad (3)$$

$$\sum M_{oA} : (-F_{By}) \cdot AB_x - F_{Ax} \cdot AB_y = 0 \quad (4)$$

Kde: F_{Bx} —síla od vazby v bodě B ve směru X [N]
 F_{Ax} —síla od vazby v bodě A ve směru X [N]
 F_p —síla od pneumatického lineárního motoru v bodě B ve směru X [N]
 F_{By} —síla od vazby v bodě B ve směru Y [N]
 AB_x —vzdálenost mezi body A a B ve směru X [mm]

AB_y —vzdálenost mezi body A a B ve směru Y [mm]

Dále je uvolněno dolní rameno a vytvořeny rovnice statické rovnováhy (obr 17).



Obr. 17: Uvolnění dolního ramena

Rovnice statické rovnováhy dolního ramena:

$$\sum F_x : F_{Cx} + F_{Dx} - F_{Bx} = 0 \quad (5)$$

$$\sum F_y : F_{Cy} - F_{By} = 0 \quad (6)$$

$$\sum M_{oA} : F_{By} \cdot BC_x + F_{Bx} \cdot BC_y - F_{Dx} \cdot CD_y = 0 \quad (7)$$

Kde: F_{Cx} —síla od vazby v bodě C ve směru X [N]

F_{Dx} —síla od vazby v bodě D ve směru X [N]

F_{Cy} — síla od vazby v bodě C ve směru Y [N]

BC_x —vzdálenost mezi body B a C ve směru X [mm]

BC_y —vzdálenost mezi body B a C ve směru Y [mm]

CD_y —vzdálenost mezi body C a D ve směru Y [mm]

Z rovnic vytvoříme matici, ze které se vyjádří závislost mezi silou od pístu a normálové síly na stěně odlitku:

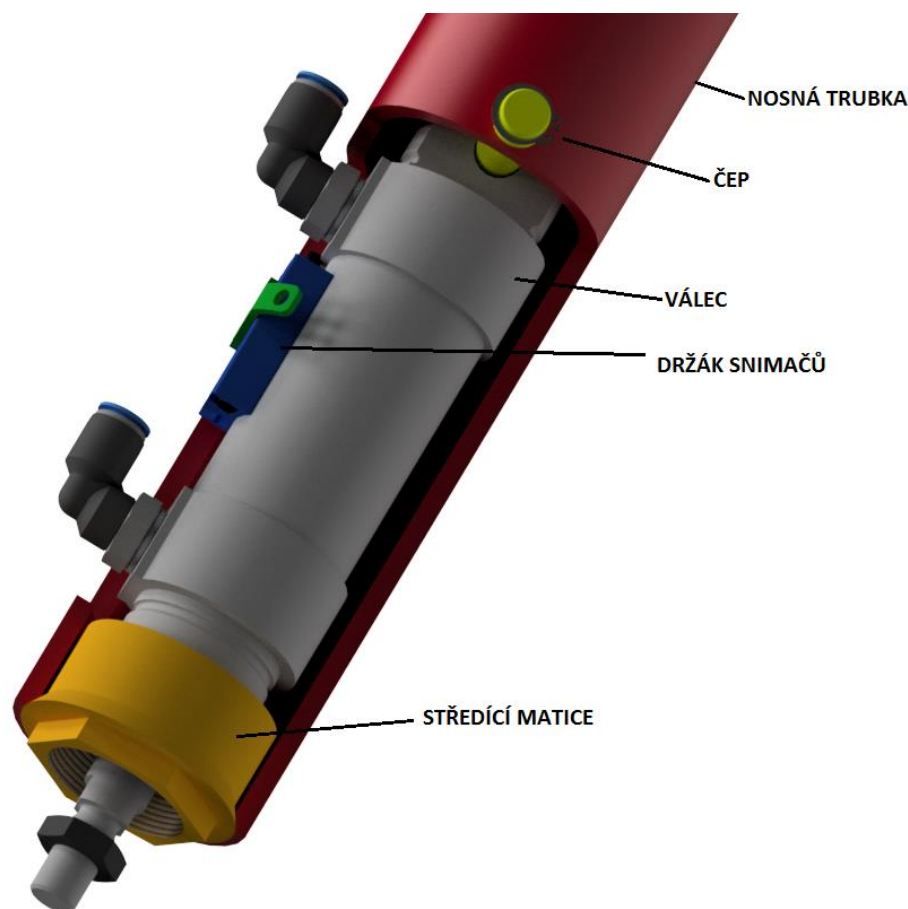
$$F_{Dx} = \frac{\frac{1}{3} F_p \left(BC_x - \frac{AB_x}{AB_y} \cdot BC_y \right)}{CD_y} \quad (8)$$

5.3 Volba pneumatických prvků

5.3.1 Návrh pneumatické uchopovací jednotky

Pro vyvození uchopovací síly, je potřeba navrhnout pneumatický lineární motor, který musí splnit několik předpokladů. Protože je nasunut uvnitř nosné trubky, musí být jeho maximální vnější průměr válce 53 mm. Dále je nutno zajistit dostatečnou sílu při výsuvu pístu. Tyto dvě podmínky splňuje pneumatický válec typu DSNU s průměrem pístu 40 mm a zdvihem 35 mm od společnosti Festo.

K rámu chapadla je připevněn na straně, kde nevystupuje pístnice pomocí čepu o průměru 12 mm (obr. 18). Protože je vůle mezi stěnou hlavní trubky a válcem, docházelo by ke kývání. Tudíž je na straně pístnice válec opatřen maticí s kuželem, který zapadá do kuželu v nosné trubce. Toto řešení také zachycuje síly při vysouvání. Díky tomu na čep působí omezená síla.



Obr. 18: Detail upevnění uchopovací jednotky

Nyní známe typ lineárního pneumotoru, může být dopočítaná síla na stěnu válce. Napřed si spočítáme teoretickou sílu při výsuvu pro tlak 0,8 MPa:

$$F_p = \frac{\pi \cdot d_p^2}{4} \cdot p_p = \frac{\pi \cdot 0,04^2}{4} \cdot 8 \cdot 10^5 = 1005 \text{ N} \quad (9)$$

Kde: d_p —průměr pístu uchopovací jednotky [m]

p_p —tlak uvnitř válce [Pa]

Nyní můžeme z rovnice (8) dopočítat normálovou sílu (uchopovací síla):

$$F_{Dx} = \frac{\frac{1}{3} F_p \left(BC_x - \frac{AB_x}{AB_y} \cdot BC_y \right)}{CD_y}$$

$$F_{Dx} = \frac{\frac{1}{3} 1005 \left(33,7 - \frac{54,83}{4,32} \cdot 8,75 \right)}{33,46}$$

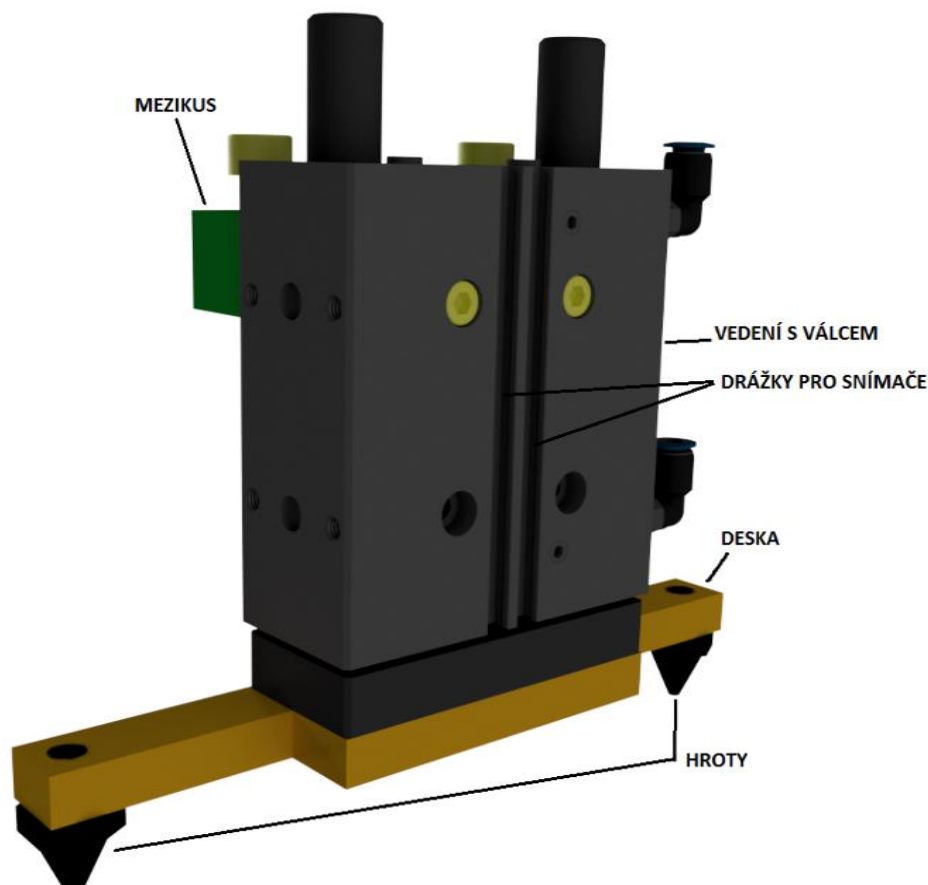
$$F_{Dx} = -774 \text{ N}$$

Z rovnice (8) vyplývá, že teoretická uchopovací síla na jedné čelisti je 744 N. Mínus ve výpočtu nám pouze ukazuje, že síla směřuje na opačnou stranu v uvolnění.

5.3.2 Návrh středící jednotky

Protože je potřeba odlitek před uchopením přesně polohovat/natočit, musí zde být další jednotka, která tuto funkci zajistí. Je voleno vedení s válcem typu DFM o průměru pístu 20 mm a zdvihu 50 mm znovu od společnosti Festo. Vedení zajistí přesnost na polohování a válec s pístem vyvine dostatečnou sílu, pokud je součást v nepřesné pozici.

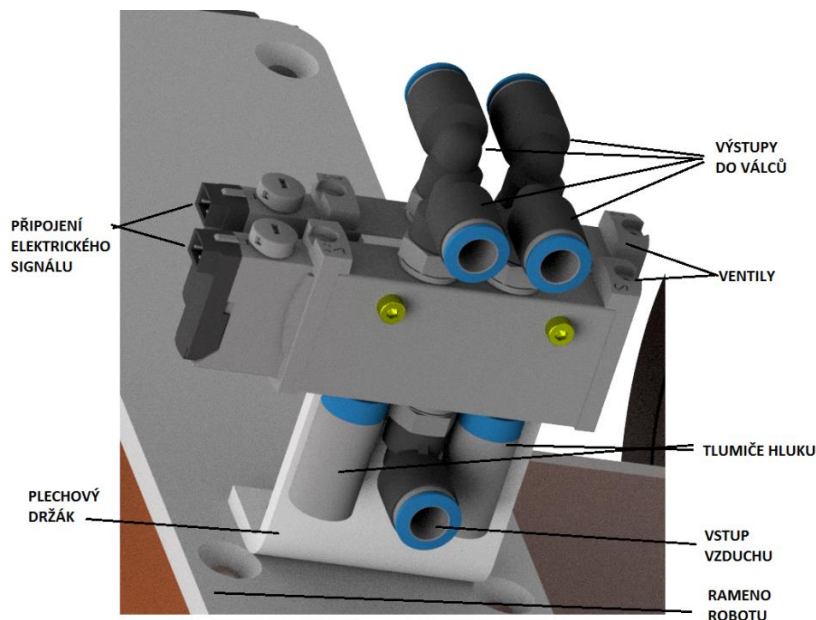
Princip je takový, že se pomocí tlakového vzduchu píst vysune a hroty se dorazí na vnitřní hrany děr odlitku. Tím se součást přesně vymezí oproti efektoru (obr. 19).



Obr. 19: Detail vodící jednotky

5.3.3 Volba ventilů

Pro potřebu ovládání směru pohybů jednotlivých válců je nutno vybrat rozvaděče stlačeného vzduchu. Pro oba prvky je volen rozvaděč 5/2 monostabilní (Festo VUVG-L14-M52-MH-G18-U-H2L). Upevnění je řešeno pomocí plechového držáku připevněného na rameno robotu (obr. 20).

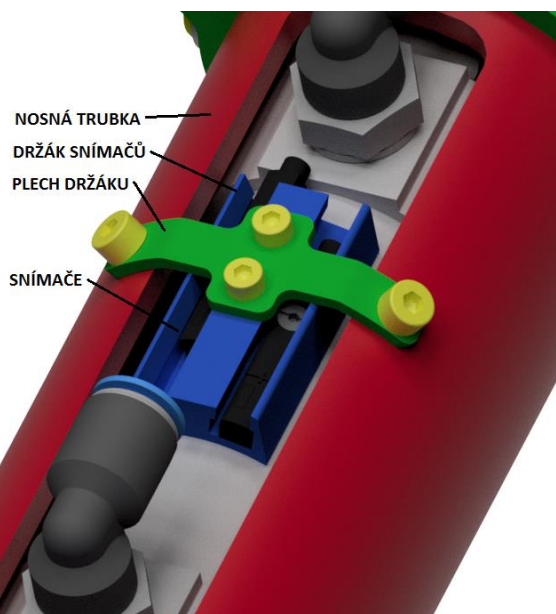


Obr. 20: Upevnění ventilů

5.3.4 Čidla válců

Pro zjištění v jaké poloze se právě nachází píst ve válci, je potřeba doplnit prvky koncovými snímači. Je volen snímač SME-8M od fy Festo, který se většinou nasouvá do drážky válce.

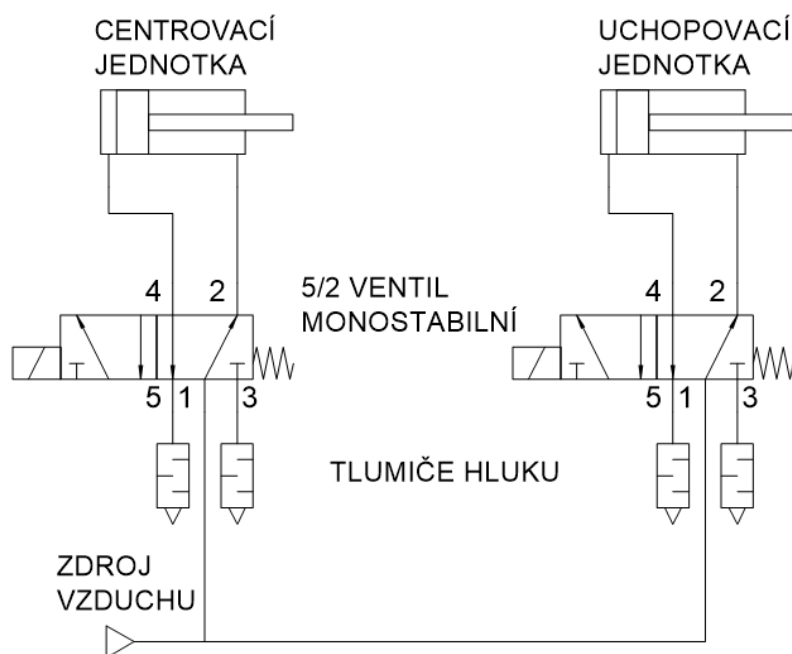
U středící jednotky jsou použity originální drážky pro čidla, viz Obr. 19. Problém nastává u uchopovacího válce, kde drážky nejsou. Firma Festo dodává držáky na hladké válce, ale z důvodu nasouvání válce do trubky se zde tento držák nevejde. Je proto navržen držák snímačů se stejným rozměrem drážek a přišroubován pomocí plechu k nosné trubce (obr. 21).



Obr. 21: Upevnění držáku

5.3.5 Schéma pneumatického okruhu

Na konec zbývá zakreslit prvky do schématu (obr. 22).



Obr. 22: Pneumatické schéma

5.4 Použití navrženého efektoru

Navržený koncový efektor má využití všude tam, kde je nutné uchopovat duté cylindrické tvary za vnitřní průměr. Příklad využití pro robotické odjehlovací pracoviště se stacionární externí frézou je zobrazeno na obr. 23.



Obr. 23: Ukázka použití

6 ZÁVĚR

Cílem práce je návrh koncového efektoru pro uchopení dutých hliníkových odlitků cylindrického tvaru, kdy je nutné tyto odlitky uchopovat za vnitřní průměr z důvodu následných technologických operací (rozsáhlé odjehlení odlitku).

V první části práce je rozepsán popis a podmínky uchopení hliníkového dílu. Dále následuje základní rozdělení uchopovacích efektorů, kdy je potřeba zvolit pro zadanou úlohu správný typ uchopení.

Další kapitola se zabývá konstrukčními návrhy. Byly navrženy dvě varianty mechanických efektorů, z nich byla vybrána varianta B pro lepší parametry.

Dále je zde zpracována konstrukce varianty B. Nejdříve je efektor rozdělen do tří hlavních částí a každá část je detailně popsána.

Další nedílnou částí práce je i výpočet uchopovací síly efektoru pomocí metody postupného uvolňování a následného vypsání rovnic statické rovnováhy.

Nakonec je popsána volba pneumatických prvků, jejich uchycení a funkce a následné zakreslení do schématu.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] WOLF, Andreas, Ralf. STEINMANN a Henrik. SCHUNK. *Grippers in motion: the fascination of automated handling tasks*. Berlin: Springer, 2005. ISBN 35-402-5657-1.
- [2] 2 - ČELUSTOVÉ PARALELNÉ CHÁPADLÁ: KONŠTRUKČNÁ VELKOSŤ GPP1104 [online]. 6 s. [cit. 2018-04-03]. Dostupné z: http://www.zimmer-group.de/dbas-sets/gd_pg_gd_pg__kt_hwm_hht1__kp_gre__pg_gpp1104__sslovak__apd__v1.pdf
- [3] Robot IRB-1400 – obsluha i programowanie: Podział chwytaków [online]. In: . [cit. 2018-04-03]. Dostupné z: <http://wiki.fl9.eu/pwr/podstawy-air/irb-1400>
- [4] 3 - ČELUSTOVÉ CENTRICKÉ CHÁPADLÁ: KONŠTRUKČNÁ VELKOSŤ GPD5003 [online]. 6 s. [cit. 2018-04-03]. Dostupné z: http://www.zimmer-group.de/dbas-sets/gd_pg_gd_pg__kt_ser5000__kp_prodgpd__pg_gpd5003__sslovak__apd__v1.pdf
- [5] Suction gripper 30 SS [online]. In: . [cit. 2018-04-03]. Dostupné z: <http://www.festo-didactic.com/int-en/learning-systems/equipment-sets/pneumatics/components/suction-gripper-30-ss.htm?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4xOC41NjQuNzUzNg>
- [6] KOLÍBAL, Zdeněk. Průmyslové roboty II: Konstrukce výstupních hlavíc a periférií : <<Určeno pro posl. fak. stroj. Vys. učení techn. v Brně>>. Brno: PC-DIR, 1993. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-0533-3.
- [7] GOUDSMIT: Magnetic grippers [online]. In: . [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <https://www.goudsmitmagnets.com/industrial-magnetic-systems/magnetic-handling/robot-end-of-arm-tooling/magnetic-grippers>
- [8] DocMagnets: Magnets for Automation [online]. In: . [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <http://www.docmagnet.com/products/magnetic-material-handling/automation/>

8 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

8.1 Seznam obrázků

Obr. 1: Uchopovaný díl.....	16
Obr. 2: Paralelní chapadlo (upraveno) [2]	17
Obr. 3: Pákové chapadlo (upraveno) [3].....	18
Obr. 4: Tříčelist'ové chapadlo (upraveno) [4].....	18
Obr. 5: Vakuová přísavka se šroubením [5]	19
Obr. 6: Griper s permanentním magnetem ovládaný pneumaticky, a) poloha magnetu při uchopení, b) poloha magnetu při uvolnění součásti (upraveno) [7]	19
Obr. 7: Elektromagnetický efektor s robotem a břemenem [8]	20
Obr. 8: Varianta A.....	21
Obr. 9: Působení boční síly na čelist.....	21
Obr. 10: Varianta B	22
Obr. 11: Základní rám efektoru	23
Obr. 12: Paralelogram	24
Obr. 13: Ukázka pneumatických prvků	25
Obr. 14: Celkové schéma mechanismu.....	26
Obr. 15: Zjednodušené schéma mechanismu.....	26
Obr. 16: Uvolnění táhla.....	27
Obr. 17: Uvolnění dolního ramena	28
Obr. 18: Detail upevnění uchopovací jednotky	29
Obr. 19: Detail vodící jednotky	30
Obr. 20: Upevnění ventilů.....	31
Obr. 21: Upevnění držáku.....	31
Obr. 22: Pneumatické schéma.....	32
Obr. 23: Ukázka použití	32

8.2 Seznam tabulek

Tab. 1: Základní parametry dílu.....	16
Tab. 2: Typy manipulačních efektorů rozdělené dle typu upnutí (upraveno) [1].....	17

9 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Výkres sestavy Varianty B